

농업용 저수지의 어류군집 특성

윤주덕 · 장민호¹ · 김명철 · 남귀숙² · 황순진³ · 주기재*

(부산대학교 생물학과, ¹일본 국립환경연구원, ²농업기반공사, ³건국대학교 환경과학과)

The Characterization of Fish Communities in Agricultural Reservoirs. Yoon, Ju-Duk, Min-Ho Jang¹, Myoung-Chul Kim, Gui-Sook Nam², Soon-Jin Hwang³ and Gea-Jae Joo* (Department of Biology, Pusan National University, Busan 609-735, Korea; ¹National Institute for Environmental Studies, Tsukuba 305-8506, Japan; ²Rural Research Institute, KARICO, Ansan 425-170, Korea; ³Department of Environmental Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea)

Most South Korean lakes are middle/small size artificial reservoirs, which are almost agricultural reservoirs (17,956). A total of 67 species (21 families) were recorded and collected from 65 agricultural reservoirs though field samplings and literature surveys. Dominant species was *Pseudorasbora parva* (relative abundance 24.5%), and *Carassius auratus* (41 sites) was the highest frequency. Feeding group of fish communities in the reservoirs was as follows: carnivorous (16.2%), omnivorous (79.5%) and herbivorous fish (4.3%). The number of individuals ($P=0.024$), species number ($P=0.047$) and carnivores number ($P=0.024$) were significantly correlated with reservoir ages. Reservoirs were classified into 3 groups according to feeding patterns of carnivore, omnivore and herbivore groups. The omnivores were dominant group in agricultural reservoirs. Detailed studies on fish community will be a base for the understanding of food web structure and biomanipulation in reservoir systems.

Key words : agricultural reservoirs, fish community, feeding group

우리나라에 존재하는 자연호는 10여개 내외로 매우 적 으며, 인공적으로 조성된 저수지가 대부분이다. 인공저수 지 중, 다목적 대형 댐은 총 15개이며, 이 외에는 모두 중 소형 저수지이다. 현재 농업용으로 이용되는 저수지는 전 국적으로 총 17,956개소에 달한다(농업기반공사, 2000). 1970년대 이후, 인구증가, 급속한 산업발달 및 도시화와 더불어, 농업부분에서는 생산성 증대를 위하여 농약, 비 료의 과다사용, 집약화 등의 결과로 집수역에 오염물질이 장기간 누적됨으로 인해 농업용 저수지의 부영양화 현상 이 빈번히 발생하고 있다.

전 세계적으로 저수지 및 호수의 부영양화 저감을 위

한 많은 노력들이 이루어지고 있다. 특히, 부영양화로 인 하여 발생하는 조류의 과다번성을 생물을 통하여 억제하 려는 연구가 활발히 수행되고 있다(Moss, 1998; Krebs, 2001). 이러한 생물학적 조절(biomanipulation)에는 조류 성장의 기초가 되는 영양물질을 통제함으로써 조류발생 을 조절하는 'bottom-up'(Vollenweider, 1976; Schindler, 1988), 초식자나 육식자 등을 이용하여 조류의 번성을 조 절하는 'top-down'(Shapiro *et al.*, 1975; Carpenter *et al.*, 1985) 및 두 이론의 조합적인 처리(McQueen *et al.*, 1986) 등의 방법이 있다.

농업용 저수지를 대상으로 한 육수학적 연구는 1970

* Corresponding author: Tel: 051) 510-2258, Fax: 051) 581-2962, E-mail: gjjoo@pusan.ac.kr

년대 이후 간헐적으로 이루어져 왔다(조와 흥, 1970; 유 등, 1987; 김 등, 1991; 정 등, 1993; 이 등, 1994; 전 등, 2002; 김과 황, 2004a, b). 저수지의 생물학적 수질개선을 위하여, 서식 어류를 제거하거나 새로운 외부 어종을 투입하는 방법을 채택할 경우, 어류상의 이해 및 저수지와 어류군집에 대한 전체적인 패턴화나 정량적 접근이 필수적으로 선행되어야 함에도 불구하고(정, 2003), 현재까지의 연구는 일부 저수지에서 생물상 조사의 일환으로 이루어진 어류상 조사에 한정되어 있다(전, 1985; 심과 윤, 1999; 강원도와 농업기반공사, 2001; Cho *et al.*, 2003; 농업기반공사, 2002, 2003, 2004; 강원대 부설 환경기술개발센터, 2004). 따라서, 본 연구는 국내 농업용 저수지를 대상으로 최근 10여년간 이루어진 조사자료의 문헌수집과 일부 저수지에 대한 현장조사를 통하여 어류의 서식상태를 파악하였으며, 서식어류의 섭식성향을 분석하여 저수지의 유형화를 시도하였고, 이러한 정량적 분석을 통해 각 저수지의 먹이사슬의 형태를 파악하여, 농업용 저수지에 서식하는 생물관리 및 생물적 조절을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

어류군집의 분석을 위하여 현장조사(지점 1~20)와 문헌조사(지점 21~65)를 통해 전국에 분포하는 총 65개 저수지의 어류군집을 평가하였으며, 상수원으로 이용되는 저수지 2개소(회동 및 법기저수지, 지점 66, 67) 및 자연 습지 2개소(원동 및 우포습지, 지점 68, 69)에 대한 어류군집을 대조군으로 비교하였다. 현장조사는 2004년 6월 11일(지점 1~6), 2004년 8월 11~13일(지점 7~12), 2001년 8월 23일(지점 13~16), 2002년 5월 12일(지점 17) 및 2004년 6월 4일(지점 18~20)에 5차례 실시하였으며, 조사된 저수지의 위치 및 목록은 Fig. 1 및 Table 1과 같다.

현장조사는 춘·하계에, 주로 투망(망목 7×7 mm; 포획면적 4.5 m²)을 이용하여 각 저수지에서 10회 이상 투척, 어류를 채집하였다. 채집된 어류는 Nelson (1994)의 분류체계에 따라, 김과 강(1993) 및 김과 박(2002)을 이용하여 동정하였다. 각 어종에 대한 식성의 분류는 김과 박(2002), Nelson (1994), Moyle and Cech (2000) 및 fishbase (www.fishbase.org)에 수록된 내용을 기준으로, 각 저수지에 서식하는 어류의 섭식성향을 초식성(herbivores), 잡식성(omnivores), 육식성(carnivores)으로 구분하였다. 각 저수지의 수령, 면적, 저수용량 등과 서식어류의 특성(중수 및 개체수, 섭식패턴 분류군, 외래어 및 고유종)에 대해 요인분석(Principal Component Analysis) 및 비모수분석(Discriminant Function Analysis, Kruskal-Wallis test)을 통해 요인간 상관성을 분석하였다(SPSS



Fig. 1. Map showing the study sites in South Korea (●, reservoirs for agriculture; ○, reservoirs for drinking water supply or natural wetlands).

12.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

현장 및 문헌조사를 통해, 준공일이 알려져 있는 63개 저수지의 준공시기를 비교한 결과, 1950년 이전에 가장 많은 저수지가 준공되었던 것으로 나타났으며(42.9%, 27개, 대부분이 1945년에 준공), 1990년 이후 준공된 저수지는 7개에 불과했다. 각 저수지의 준공일과 조사시점에 따른 수령은 최소 6년에서 최대 59년으로 평균 수령은 약 40.8±2.0년이었다. 각 저수지의 유효저수량은 최소 4톤에서 최대 62,787톤으로 매우 광범위하였으며, 평균 유효저수량은 3,551±1,175.7톤(n=64)이었다. 저수지의 평균면적은 715.3±265.4 ha로 유효저수량과 유의한 상관관계를 보였다(R²=0.952, P<0.001, Fig. 2A). 농업용 저수지에서 채집된 어류는 총 21과 67종으로, 저수지당 채집된 어종은 최대 24종, 최소 1종으로 평균 출현종수는 6.5±4.2종으로 나타났다(Table 1). 각 저수지에서 채집

Table 1. List of the study sites and the number of fish species (RA, reservoir for agriculture; RD, reservoir for drinking water supply; NW, natural wetland).

Stie	Name	Location	Water storage (t)	A year of completion	Number of species	Remark	References
1	못안	울산 울주군 상북면 지내리	81	1945	4	현장조사, RA	
2	오룡	울산 울주군 언양읍 평리	209	1956	4	현장조사, RA	
3	인보	울산 울주군 두서면 인보리	447	1978	4	현장조사, RA	
4	박달	경북 경주시 내남면 박달리	1,820	1989	3	현장조사, RA	
5	염불	경북 경주시 울동	5		7	현장조사, RA	
6	옥성	경북 구미시 옥성면 대원리	1,898	1946	3	현장조사, RA	
7	용설	경기 안성시 죽산면 용설리	3,064	1985	7	현장조사, RA	
8	만수	경기 안성시 공도면 만정리	505	1945	8	현장조사, RA	
9	입장	충남 천안시 입장면 기로리	539	1952	9	현장조사, RA	
10	반월	경기 군포시 둔대동	1,461	1957	5	현장조사, RA	
11	정안	충남 공주시 정안면 고성리	1,510	1976	3	현장조사, RA	
12	월천	전남 함평군 손불면 월천리	1,251	1945	8	현장조사, RA	
13	덕산리	부산 기장군 장안읍 덕산리	24	1945	3	현장조사, RA	
14	병산	부산 기장군 정관면 병산리	530	1945	3	현장조사, RA	
15	용소골	부산 기장군 기장읍 서부리	250	1974	3	현장조사, RA	
16	송정	부산 기장군 철마면 송정리	704	1958	7	현장조사, RA	
17	신구	충남 보령시 주산면 신구리	404	1956	5	현장조사, RA	
18	산호	경북 군위군 소보면 산법리	516	1970	6	현장조사, RA	
19	옹양	경남 거창군 옹양면 산포리	2,140	1987	9	현장조사, RA	
20	대동	경북 청도군 화양읍 범곡리	92	1970	4	현장조사, RA	
21	주남	경남 창원시 동읍 죽동리	5,132	1945	12	문헌조사, RA	Cho <i>et al.</i> , 2003
22	금광	경기 안성시 금광면 금광리	10,550	1961	19	문헌조사, RA	강원대 환경기술개발센터, 2004
23	덕우	경기 화성군 봉담읍 덕우리	4,134	1949	17	문헌조사, RA	강원대 환경기술개발센터, 2004
24	동방	경기 화성군 팔탄면 노하리	907	1945	15	문헌조사, RA	강원대 환경기술개발센터, 2004
25	떡우	경기 화성군 우정면 떡우리	906	1945	14	문헌조사, RA	강원대 환경기술개발센터, 2004
26	왕송	경기 의왕시 월안동	1,878	1948	12	문헌조사, RA	강원대 환경기술개발센터, 2004
27	홍부	경기 시흥시 물왕동	1,894	1945	16	문헌조사, RA	강원대 환경기술개발센터, 2004
28	인홍	강원도 고성군 토성면 인홍리			10	문헌조사, RA	강원도와와 농기반, 2001
29	덕촌	전남 보성군 조성면 매현리	28	1945	10	문헌조사, RA	농기반, 2003
30	홍성	충남 홍성군	15	1945	4	문헌조사, RA	농기반, 2002
31	보령	충남 보령시 주포면 보령리	17	1945	4	문헌조사, RA	농기반, 2002
32	갈치	경기 군포시 속달동	37	1984	6	문헌조사, RA	군포시, 1998
33	삼교	충남 당진군 신평면 운정리	62,787	1979	14	문헌조사, RA	인하대, 1999
34	만운	경북 안동시 풍산읍 만운리	2,051	1959	8	문헌조사, RA	인하대, 1999
35	감둔	전남 무안군 일로읍 감둔리	1,631	1945	7	문헌조사, RA	인하대, 1999
36	왕궁	전북 익산시 왕궁면 동용리	1,941	1945	8	문헌조사, RA	인하대, 1999
37	불갑	전남 영광군 불갑면 녹산리	9,848	1945	11	문헌조사, RA	농기반, 2004
38	성전	전남 강진군 성전면 월하리	673	1960	10	문헌조사, RA	심과 윤, 1999
39	갈평	경북 청송군 진보면 괴정리	822	1970	3	문헌조사, RA	진, 1985
40	주산	경북 청송군 부동면 이진리	108	1945	1	문헌조사, RA	진, 1985
41	새곳	경북 청송군 파천면 송강리	11	1945	3	문헌조사, RA	진, 1985
42	중산	충북 충주시 상모면 중산리	2,270	1982	5	문헌조사, RA	양과 이, 1997
43	황락	충남 서산시 해미면 황락리	1,039	1991	2	문헌조사, RA	최와 박, 1997
44	봉림	충남 예산군 봉산면 옥전리	1,050	1945	3	문헌조사, RA	최와 박, 1997
45	옥계	충남 예산군 덕산면 옥계리	3,014	1957	4	문헌조사, RA	최와 박, 1997
46	용봉	충남 예산군 덕산면 둔리	495	1979	5	문헌조사, RA	최와 박, 1997
47	경천	전북 완주군 화산면	25,346	1945	14	문헌조사, RA	홍과 장, 1997
48	탑정	충남 논산시 부적면 탑정리	31,611	1945	9	문헌조사, RA	홍과 장, 1997
49	부동	전남 신안군 입자면 삼두리	32	1945	1	문헌조사, RA	윤과 장, 1997
50	둔곡	전남 신안군 외양리	4	1945	3	문헌조사, RA	윤과 장, 1997
51	남정	경북 영덕군 남정면 중화리	244	1964	4	문헌조사, RA	채와 박, 1997
52	회동	경북 영덕군 남정면 회리	345	1975	7	문헌조사, RA	채와 박, 1997

Table 1. Continued.

Stie	Name	Location	Water storage (t)	A year of completion	Number of species	Remark	References
53	반곡	경북 포항시 신평면 반곡리	1,080	1945	5	문헌조사, RA	채와 박, 1997
54	기동	경북 포항시 기계면 화봉리	770	1955	6	문헌조사, RA	채와 박, 1997
55	신평	경북 청송군 현동면 거성리	725	1971	4	문헌조사, RA	차와 윤, 1997
56	서상	강원 춘천시 서면 월송리	424	1975	6	문헌조사, RA	남과 여, 1997
57	오남	경기 남양주시 오남면 팔현리	3,044	1985	5	문헌조사, RA	손, 1998
58	도갑	전남 영암군 군서면 도갑리	1,429	1976	6	문헌조사, RA	채, 1998
59	고막	경기 김포시 월곶면 고막리	31	1945	1	문헌조사, RA	변, 1999
60	청천	충남 보령시 청라면 향천리	20,735	1962	2	문헌조사, RA	변, 2000
61	대왕	경기 성남시 수정구 상적동	827	1958	1	문헌조사, RA	최와 김, 2000
62	계룡	충남 공주시 계룡면 하대리	3,349	1964	10	문헌조사, RA	최와 이, 2000
63	내장	전북 정읍시 내장동	4,423	1964	7	문헌조사, RA	박, 2000
64	중리	경기 포천군 관인면 중리	519	1960	1	문헌조사, RA	채와 윤, 2000b
65	백학	경기 연천군 백학면 두일리	1,640	1969	5	문헌조사, RA	채와 윤, 2000a
66	회동	부산시 금정구 회동동	15,153	1946	20	문헌조사, RD	부산대 환경기술산업개발연구센터, 2002
67	법기	양산시 동면 법기리	1,442	1932	6	문헌조사, RD	부산대 환경기술산업개발연구센터, 2002
68	원동습지	경남 양산시 원동면 원동 낙동강배후습지			24	문헌조사, NW	양 등, 2001
69	우포습지	경남 창녕군 이방면 우포습지			16	문헌조사, NW	Cho et al., 2003

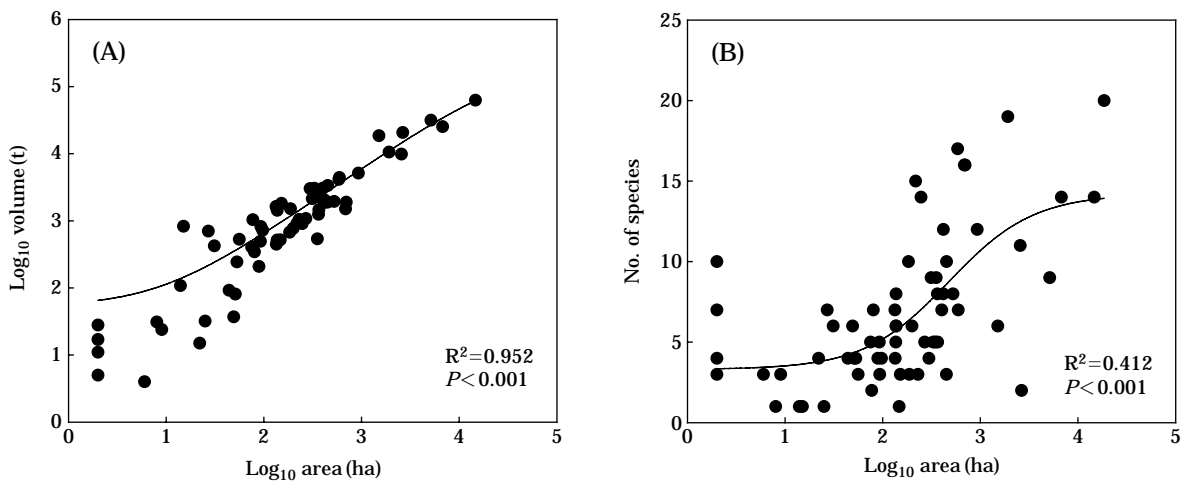


Fig. 2. Relationship between available water storage (A), number of collected fish species (B) and surface area of agricultural reservoirs.

된 어종 수와 유효저수량과는 낮은 상관관계를 보였다.

유효저수량이 평균 이하인 소형저수지에서 최대 16종이 서식하는 것으로 조사된 반면, 평균이상의 대형저수지에서는 최소 2종만이 서식하는 것으로 나타났다. 그러나, 저수지의 면적에 따른 어종 수는 비록 낮은 상관관계를 보였지만 S자형 성장곡선의 양상을 나타냈다 ($R^2=0.412$, $P<0.001$, Fig. 2B). 이러한 곡선식을 이용해 비교구인 회

동저수지의 면적에 따른 종 수를 계산한 결과 약 14종이었으나, 실제로 채집된 종은 20종으로 나타났다. 상류하천에 위치한 법기저수지의 경우는 수식에 의하면 약 10종이 계산되었으나 실제로는 더 적은 6종만이 채집되었다. 이러한 결과는 저수지의 유량공급 방식에 따른 차이로, 회동저수지의 경우 낙동강 본류로부터의 원수공급이 이루어지고 있어 본류의 어류가 이동하여 종 다양성을

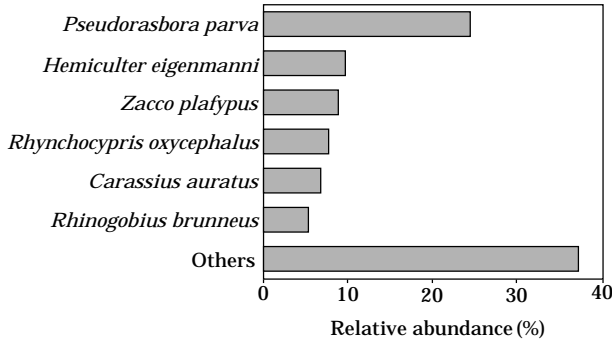


Fig. 3. Dominant fish species in the agricultural reservoirs.

높인 것으로 사료된다. 법기저수지의 경우는 산간 저수지의 대표적인 예이며 아울러 상수원 보호구역으로 관리되어 종 이식이나 도입이 이루어지지 않아 낮은 종 다양성을 보이는 예로 볼 수 있다. 배후습지인 우포는 16종이 채집되어 동일 면적의 농업용 저수지에서 채집된 평균(약 7종)보다 약 2배 정도 높은 종다양도를 나타냈다.

본 조사결과 *Pseudorasbora parva* (참붕어)가 상대풍부도(RA) 24.5%로 우점하고 있는 것으로 나타났으며, 아우점종으로는 *Hemicultor eigenmanni* (치리: RA 9.7%), *Zacco platypus* (피라미: 8.8%), *Rhynchocypris oxycephalus* (버들치: 7.7%), *Carassius auratus* (붕어: 6.7%)의 순으로 나타났다. 출현빈도는 *Rhinogobius brunneus* (밀어)가 총 42개 저수지에서 출현하여 가장 높은 출현율(64.6%)을 보였으며, *C. auratus* (63.1%), *P. parva* (58.5%), *R. oxycephalus* (35.4%) 및 *Z. platypus* (33.8%)의 순으로 나타났다.

외래유입종은 총 3과 4종이 출현하였으며, 상대풍부도는 6.5%로 나타났다. 외래유입종 중 *Carassius cuvieri* (떡붕어, RA 3.3%; 출현율(FR) 22.5%)의 상대풍부도가 가장 높았고, *Lepomis macrochirus* (블루길, 2.5%; FR 13.8%), *Micropterus salmoides* (베스, 0.7%; FR 6.2%) 및 *Onchorhynchus mykiss* (무지개송어, 0.1% 이하; 1개 저수지) 등의 순으로 나타났다. *C. cuvieri*의 경우 일부 저수지(지점 8과 9)에서 약 45와 88%의 상대풍부도를 각각 나타내었다. 또한 *L. macrochirus*의 경우도 일부 저수지에서 40~50%의 높은 상대풍부도를 보였다(지점 1, 3, 10 및 11). 이러한 결과는 Jang et al. (2002)의 우리나라 주요 하천의 중, 하류조사에서 채집된 외래어에 비해 종수(5종)는 적었으나 높은 상대풍부도(5.4%)를 나타냈다. 이는 *C. cuvieri*, *L. macrochirus*와 *M. salmoides*가 유수환경인 하천보다는 호수나 저수지 또는 체류시간이 긴 강

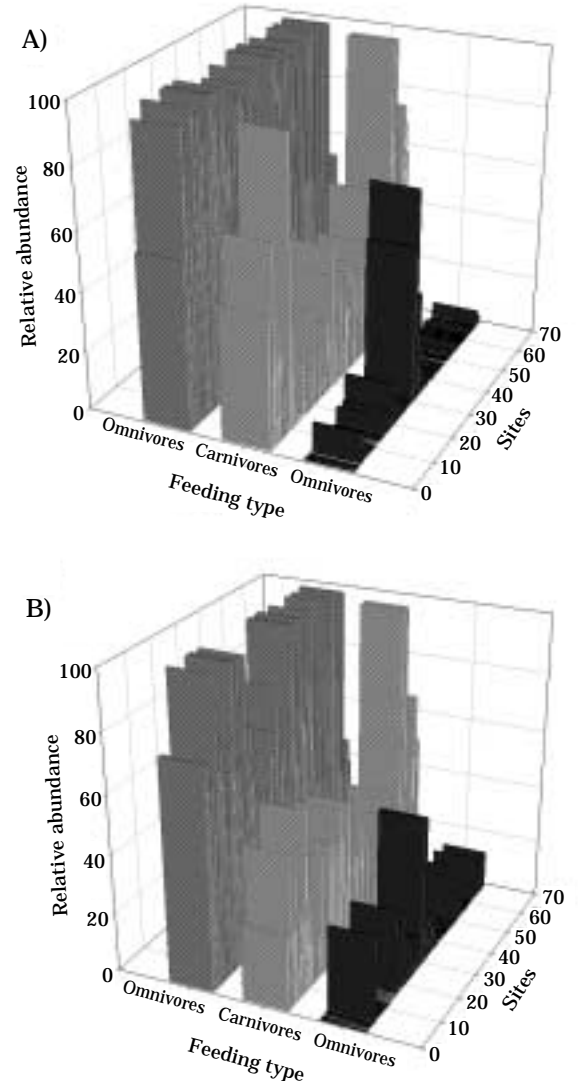


Fig. 4. Relative abundance of three fish feeding groups (carnivores, omnivores and herbivores) at each sites (1~65, reservoirs for agriculture; 66~67, reservoirs for drinking water supply; 68~69, natural wetlands): A) Relative abundance (based on individual numbers); B) Relative abundance (based on species numbers).

을 서식지로 선호하기 때문으로 사료된다. 이러한 외래유입종의 분포는 방생 또는 레저(낚시) 등의 목적으로 외래종의 유입 현상이 국내 담수생태계에서 빈번히 보고되고 있음을 감안할 때 사회적인 의식전환이 이루어지지 않는다면, 국내 담수생태계 내에서 외래유입종의 서식영역은 더 넓어질 것으로 예상된다(Jang et al., 2002).

현장 및 문헌 조사를 통해 얻어진 서식 어류군집 자료를 바탕으로 서식 어류의 섭식형태에 따라 농업용 저수지

를 패턴화 한 결과 잡식성 어종이 우점적으로 분포하였으며, 육식성 어종형, 초식성 어종형 순으로 나타났다 (Fig. 4). 육식성 어종이 채집되지 않은 저수지는 모두 15개 저수지 (23%)로 나타났으며, 초식성 어종이 채집되지 않은 저수지는 전체의 66%이상으로 나타났다. 13개 저수지에서는 잡식성 어종만이 채집된 것으로 나타났으며, 2개의 저수지에서는 육식성 어종만이 채집된 것으로 나타났다.

저수지의 수령에 따른 저수지의 물리적 조건 (면적 및 유효저수용량) 및 어류의 섭식성향의 관계를 비모수검증으로 분석한 결과, 저수지 수령은 채집된 어류의 개체수 (DFA, $P=0.024$)와 육식성 어류의 개체수 ($P=0.018$) 및 육식성 어류의 종 수 ($P=0.047$)와 유의한 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 이 결과는 저수지의 수령이 높을수록 저수지내의 시스템 안정화에 따른 개체수의 증가와 더불어, 인위적 또는 우발적 유입 (홍수 및 양식장으로부터의 유입)으로 새로운 육식성 어종 (*L. macrochirus*, *M. salmoides*, *Silurus asotus*, *Channa argus* 등)의 유입 가능성이 높아질 수 있음을 시사하고 있다.

이러한 먹이사슬에 따른 분류형을 기초로 하여 어류 생태량을 인위적으로 조절한다면, 단기간 동안 저수지 내의 동·식물 플랑크톤 증감도 예상할 수 있어, 'top-down 조절'의 가능성이 매우 높을 것으로 예상된다. 비록 본 조사를 통하여, 국내 약 17,956개의 저수지 중 극히 일부 저수지의 어류상을 통한 농업용 저수지의 패턴화가 수행되었으나, 향후 어류 다양성의 보존, 수질관리를 위한 생물 조절방안의 적용 등을 위해서는 저수지의 수령, 저수량 및 수질 등을 고려한 종합적이고 체계적인 어류상 연구가 필요하다. 또한, 저수지의 부영양화 제어를 위한 생물학적 조절을 위해서는 어류군집 뿐 아니라 저수지 내 전체적인 먹이사슬에 대한 집중적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농림부 기획연구과제인 농업용 저수지의 녹조제거기법개발 (302006-03-1-SB010) 연구사업의 지원으로 이루어졌습니다.

인 용 문 헌

강원대 부설 환경기술개발센터. 2004. 경기도 6개 호소 생물상 조사.

- 강원도, 농업기반공사. 2001. 인흥지구 농촌용수개발사업 사전 환경성검토서. 농림부.
- 군포시. 1998. 반월·갈치 저수지 수질개선을 위한 생태공학적 공법에 관한 연구.
- 김용재, 김한순, 정 준. 1991. 덕동호와 보문호의 식물플랑크톤에 대한 계절적 변화. 한국육수학회지 **24**(4): 251-263.
- 김익수, 강종연. 1993. 원색 한국어류도감. 아카데미서적, 서울.
- 김익수, 박종영. 2002. 원색도감 한국의 민물고기. 교학사, 서울.
- 김호섭, 황순진. 2004a. 부영양 저수지에서 식물플랑크톤 성장에 대한 제한영양염과 질소/인 비의 영향. 한국육수학회지 **37**(1): 36-46.
- 김호섭, 황순진. 2004b. 얕은 부영양 저수지의 육수학적 특성-계절에 따른 수질변화. 한국육수학회지 **37**(2): 180-192.
- 나창수, 신선숙. 1992. 주암댐 축조후의 어류상에 관한 연구. 한국어류학회지 **4**(2): 55-62.
- 남명모, 여혜경. 1998. 가평/춘천, 화악산 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부
- 농업기반공사. 2000. 농업생산기반정비사업통계연보. 농림부
- 농업기반공사. 2002. 홍보지구 사후영향평가. 농림부.
- 농업기반공사. 2003. 덕촌지구 지표수보강 개발사업 사전환경성검토서. 농림부.
- 농업기반공사. 2004. 불갑저수지 준설사업 사전환경성검토서. 농림부.
- 박종영. 2000. 정읍 (내장산) 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부
- 변화근, 전상린, 김도한. 1997. 소양호의 어류상과 어류군집. 한국육수학회지 **30**(4): 325-335.
- 변화근. 1999. 김포/인천, 계량산 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부
- 변화근. 2000. 보령 (성주산) 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부
- 부산대 환경기술산업개발연구센터. 2002. 생물학적 및 수문학적 조절을 통한 상수원수용 소형저수지의 장기적인 수질 관리 방안. 부산시.
- 손영목. 1998. 남양주/가평, 축령산 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 심재환, 윤창호. 1999. 월출산 주변 수역의 어류상에 관한 연구. 한국생물상연구지 **4**: 237-244.
- 양홍준, 채병수, 남명모. 1997. 안동댐 유역의 어류상과 어류군집구조. 한국육수학회지 **30**(4): 347-356.
- 양홍준, 금지돈, 이용호. 2001. 원동습지의 어류상과 군집구조. 한국육수학회지 **13**(4): 261-266.
- 양홍준, 이용호. 1997. 충주/제천, 월악산 및 그 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 유광일, 임변진, 최청일. 1987. 영산호의 동물플랑크톤 군집의 생태학적 연구. 한국육수학회지 **20**(2): 61-72.
- 윤창호, 장상준. 1997. 신안, 대둔산 지역 및 그 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 이학동, 강병찬, 김민영. 1994. 예당호 수질의 계절별 변화에

- 대하여. 한국육수학회지 **27**(3): 219-226.
- 인하대. 1999. 유입하천 및 호소 생태조사. 농어촌진흥공사 농어촌연구원.
- 전상린. 1985. 주왕산 계류의 담수어류상. 한국자연보존협회 결과보고서 **23**: 111-125.
- 전지홍, 윤춘경, 함중화, 김호일, 황순진. 2002. 농업용 저수지의 물리적 인자가 수질에 미치는 영향. 한국육수학회지 **35**(1): 28-35.
- 정상욱. 2003. 호소전체를 대상으로 한 고전적 관점의 생물학적 조절법에 관한 소고: 물고기 제거에 의한 호소 수질 향상. 한국육수학회지 **36**(3): 375-380.
- 정정의, 유형빈, 김석이, 이관식. 1993. 나주호에 서식하는 윤충류의 일중 수직이동에 관한 연구. 한국육수학회지 **26**(2): 83-92.
- 조현영, 홍사욱. 1970. 저수지의 육수학적 연구. 한국육수학회지 **3**(1-2): 5-9.
- 차진열, 윤희남. 1997. 청송, 구암산 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 채병수. 1998. 영암/강진, 월출산 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 채병수, 박상민. 1997. 포항, 내연산 및 그 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 채병수, 윤희남. 2000a. 연천(군자산) 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 채병수, 윤희남. 2000b. 연천/포천(금학산) 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 최기철. 1969. 춘천호의 어류동태에 관하여. 한국육수학회지 **2**(1-2): 31-39.
- 최신석, 이재훈. 2000. 대전/논산(계룡산) 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 최신석, 박두신. 1997. 예산/서산/홍성, 가야산 및 그 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 최 윤, 김은영. 2000. 서울/성남(관악산) 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- 최충길, 황영진, 박종천, 라명숙, 이종빈. 1994. 동북호와 상류수계의 추·동계 어류상에 관한 연구. 한국어류학회지 **6**(1): 28-38.
- 홍영표, 장민호. 1997. 논산/완주/익산, 미륵산 및 그 일대의 담수어류. 전국자연환경기초조사, 환경부.
- Carpenter, S.R., J.F. Kitchell and J.R. Hodgson. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity: Fish predation and herbivory can regulate lake ecosystems. *BioScience* **35**: 634-639.
- Cho, G.I., M.-H. Jang, S.B. Park, K.S. Jeong and G.J. Joo. 2003. Fish fauna and the exotic species *Micropterus salmoides* in the floodplain wetlands (Woopo and Junam) of the Nakdong River in S. Korea, *Ecohydrology & Hydrobiology* **3**(4): 363-369.
- Jang, M.-H., J.-G. Kim, S.-B. Park, K.-S. Jeong, G.-I. Cho and G.-J. Joo. 2002. The current status of the distribution of introduced fish in large river systems of South Korea. *Int. Rev. Hydrobiol.* **87**: 319-328.
- Jang, M.-H., M.C. Lucas and G.-J. Joo. 2003. The fish fauna of mountain streams in South Korean national parks and its significance to conservation of regional freshwater fish biodiversity. *Biol. Conserv.* **114**: 115-126.
- Krebs, C.J. 2001. Ecology-The Experimental Analysis of Distribution and Abundance (5th eds.). Benjamin Cummings, San Francisco.
- McQueen, D.J., J.R. Prost and E.L. Mills. 1986. Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **43**: 1571-1581.
- Moss, B. 1998. Ecology of Fresh Waters-Man and Medium, Past to Future (3rd eds.). Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Moyle, P.B. and J.J. Cech. 2000. Fishes-An Introduction to Ichthyology (4th eds.). Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the World (3rd eds.). John Wiley & Sons, New York.
- Schindler, D.W. 1988. Experimental studies of chemical stressors on whole-lake ecosystems. *Verh. Int. Verein. Limnol.* **23**: 11-41.
- Shapiro, J., V. Mamara and M. Lynch. 1975. Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration, In: Proc. Sym. on Water Quality Management through Biological Control (Brezonik and Fox eds.). University of Florida, pp. 85-99.
- Vollenweider, R.A. 1976. Advances in defining critical load levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* **33**: 53-83.

(Manuscript received 16 August 2006,
Revision accepted 16 February 2006)